

**Szakmai beszámoló a K 62874 számú,
"Egy új roncsolásmentes geokémiai módszer – a PGAA – archeometriai alkalmazásai"
című OTKA kutatási pályázatról (2006.03.01-2011.02.28.)**

A pályázat tárgya pattintott és csiszolt kőeszközök, szerszámkövek, valamint régészeti kerámiák nyersanyagainak eredetmeghatározása (proveniencia vizsgálata) volt, elsősorban prompt-gamma aktivációs analízis és más, lehetőség szerint roncsolásmentes módszerek alkalmazásával. A pályázat eredeti célkitűzéseihez mérten nagyobb hangsúlyt fektettünk a kőeszközök vizsgálatára, a kerámiák kutatása kisebb hányadot képviselt.

KŐESZKÖZÖK

Pattintott kőeszközök

Obszidián

Az obszidián az őskor és őskőkor kedvelt kőeszköz nyersanyaga volt. Fő geológiai előfordulásai Európában a Tokaj-hegység és a Földközi-tenger térsége. 2006-2007-ben előzetes PGAA vizsgálatokat végeztünk horvátországi obszidián kőeszköz mintákon, majd 2008-ban megkezdtük a magyarországi és horvátországi obszidián eszközök és nyersanyagok szisztematikus vizsgálatát. A vizsgálatokhoz szükséges mintagyűjtést egy TÉT kétoldalú együttműködési program is támogatta. Részletes összehasonlító anyaggal rendelkezünk a Tokaj-Eperjesi hegység obszidián nyersanyag lelőhelyeiről (Kárpáti 1, 2), továbbá a kárpátaljai Rokosovoból is vizsgáltunk geológiai mintát (Kárpáti 3). Ezen túlmenően horvátországi, valamint Szerbia, Bosznia-Hercegovina területéről származó obszidián régészeti leleteket is vizsgáltunk, melyek geológiai eredetének meghatározása volt a feladat.

A horvát és a bosnyák régészeti anyagon elsőként végeztünk archeometriai (elemösszetétel) vizsgálatokat. Tanulmányoztuk a nyugat-mediterrán térség (Lipari, Mélosz) obszidián nyersanyagainak kémiai összetételére vonatkozó nemzetközi irodalmat, és a közölt adatokat statisztikai módszerekkel összehasonlítottuk saját eredményeinkkel. Megállapítottuk, hogy a horvátországi obszidián régészeti leletek nyersanyaga részben nyugati mediterrán (Lipari) részben kárpáti (Tokaj-Eperjesi hegység) eredetű. A két nyersanyaglelőhely ellátási területének határát Bosznia középső részén valószínűsítjük (Kakanj környéke). Régészeti szempontból nagy jelentőségű, hogy az egyik Dalmát-tengerpartról (Obre lelőhely) származó régészeti lelet összetétele alapján nagy valószínűséggel kárpáti eredetű, ami ebbe az irányba is kiterjeszti a kárpáti obszidián eddig ismert előfordulásának határait.

Radiolarit

Szemben az obszidiánokkal, a pattintott kőeszközök nyersanyagaként használt radiolaritok és egyéb kovaközetek műszeres eredetmeghatározásának kutatása kezdeti fázisban van.

2008-ban a radiolarit (és radiolaritos tűzkő) kőeszközök nyersanyagainak eredetét kutató vizsgálatokat kezdtünk. Geológiai mintákat gyűjtöttünk a Dunántúlról (Vértes, Gerecse, Bakony), a Mecsekből, és az Adriai-tenger partvidékéről. Terepbejárásból származó radiolarit geológiai referencia mintákat, valamint Magyarország területéről származó (Nadap, Bajót-Jankovich barlang, Miskolc-Szeleta barlang, Szentgál, Lábatlan-Pisznice, Lábatlan-Tűzköves barlang) régészeti leleteket vizsgáltunk PGAA-val. Megkezdtük a Mecsek jelentős radiolarit lelőhelyeiről, továbbá a horvátországi Kalnik-hegységből (mely a magyarországi Darnó-vonal zónájába esik, annak délnyugati elvégződése), a Medvednica hegységből és a Papuk

hegységből származó radiolaritok analitikai feldolgozását. A Kalnik-hegységből származó és a dunántúli radiolarit analitikai összehasonlítása folyamatban van.

Nagy jelentőségű, hogy a Banovina régióhoz tartozó Lasinja közelében, Kremesnicán őskori kőbányászatra utaló jeleket (ütőkő és megmunkált kőeszközök) találtunk. Ez az első ilyen, "kovabányának", azaz kitermelő helynek tekinthető lelőhely Horvátországban. A radiolarit, ill. kovakőzet geológiai minták vizsgálata azt mutatja, hogy az ÉNy-horvátországi kovás nyersanyagok régészeti-technológiai szempontból "gyenge minőségűek" – így feltehetően csupán helyi nyersanyag-ellátásra használták ezeket. Vizsgálataink körét kiterjesztettük a Kárpátalja területéről származó radiolarit, és egyéb, makroszkóposan radiolaritnak tűnő, de a vizsgálatok alapján más összetételűnek adódott nyersanyagokra is.

Ezen túlmenően vizsgáltunk a Dalmát tengerpartról és szigetekről (Korcula-Vela Luka, Trogir, Labinstica, Starosevski gaj, Susac és Palagruza) származó kovakőzeteket. Az eredményeket, mint archeometriai alapadatokat hasznosíthatjuk a jövőben.

2010-2011-ben mind az obszidiánok, mind a radiolaritok körében végeztünk kiegészítő PGAA-méréseket. Az adatok kiértékelése, összesítése, értelmezése, valamint összefoglaló publikációk készítése jelenleg is folyik.

Tűzkő (flint)

A korábban, a projekt kezdete előtt már vizsgált szürke tűzkő kőeszközök és geológiai minták körét bővítettük. Újabb magyarországi régészeti leleteket és nyersanyagokat (Szentgál, Nagytevel), valamint összehasonlító geológiai mintákat vizsgáltunk Ukrajna, Románia, Moldávia és Lengyelország területéről PGAA-val.

Limnokvarcit, limnoopalit

A projekt során 21 (6 régészeti pattintott kőeszköz és 15 geológiai lelőhelyről származó), makroszkópos meghatározás alapján limnokvarcit-limnoopalit minta PGAA vizsgálatára került sor. A PGAA mérések mellett fontos szerepe volt a kiegészítő XRF-méréseknek (Tübingeni Egyetem), valamint a kvarc-opál arány meghatározásában XRD-méréseknek (ELTE Ásványtani Tanszék) és FTIR spektroszkópiának (ELTE Szerves Kémiai Tanszék). A PGAA elemzések szerint a SiO_2 tartalom a minták nagy részében meghaladta a 95%-ot, néhány minta esetében 93-94% volt, és csak 3 minta esetében volt 90% alatt. Ez utóbbiak közül egy karbonátos (nagy Ca és Mg tartalommal), a másik kettő az elemösszetétel alapján valószínűleg átkováódott vulkanit kőzet volt. Az eredmények azt mutatják, hogy a nagyon nagy SiO_2 tartalmú, „tisztá” limnokvarcit-limnoopalit minták esetében a PGAA önmagában nem ad jól értékelhető eredményt, de amennyiben a minták karbonátosodtak vagy erősen átkováódott vulkanitok, akkor azok PGAA segítségével elkülöníthetőek. A nyomelemek közül a bór mennyisége változó. Értéke általában a földkéregbeli átlagos koncentráció feletti, de területenként nagy szórást mutat. Egyes limnokvarcit nyersanyagok (pl. Rátka) bórtartalma viszonylag szűk tartományban mozgott, máshol azonban jelentős változást mutatott egy lelőhelyen belül is. Például az Erdőbényéről származó vizsgált minták között nagyobb és kisebb bórtartalmú is előfordul.

Összességében elmondható, hogy a PGAA segítségével a csaknem tisztán SiO_2 -ből álló limnokvarcitok-limnoopalitok az erősen átkováódott vulkanitoktól elkülöníthetők. Ezen túlmenően egy adott hegységre (pld. a Tokaji-hegység) vonatkozó alapadatok akkor válnak jelentőssé, ha a többi, geológiailag hasonló területekről (pld. Mátra, Kárpátalja stb.) származó hasonló genetikájú minták geokémiai adatai is rendelkezésre állnak. A bórkoncentráció

adatok értelmezéséhez a későbbiekben nagyobb mintaszámra, és más módszerek eredményeit is figyelembe vevő szisztematikus feldolgozásra van szükség.

A vizsgált limnokvarcit-limnoopalit anyagból Szekszárdi Adrienn geológus 2007-ben sikeresen megvédte „Tokaj-hegységi limnokvarcit-limnoopalit nyersanyagok és pattintott kőeszközök archeometriai vizsgálati eredményei” című diplomamunkáját az ELTE Közöttan-Geokémiai Tanszékén, Szakmány György és T. Biró Katalin témavezetésével. A dolgozat előzményeül szolgáló TDK munka a 2006. évi OTDK-n 2. helyezést ért el.

Kvarcporfír (metariolit)

A korábban sikeresen alkalmazott Szeletai kvarcporfír (metariolit) vizsgálatokat kiegészítettük távolsági "import" leletekkel, friss ásatási anyaggal (Vanyarc, Nová Dediná, Ondratice, Orechov). Ezzel a középső paleolitikum emberének mozgáskörzetére vonatkozó fontos új adatokat nyertünk. Az eredmények feldolgozása, értékelése folyamatban van.

Csiszolt kőeszközök

A csiszolt kőeszközök témakörben két területre koncentráltunk. Egyrészt a *Magyar Nemzeti Múzeum Ebenhöch gyűjteményéből*, másrészt a késő neolit *Gorzsa* tell településről előkerült csiszolt kőeszközökből végeztünk nagyszámú roncsolásmentes (PGAA) mérést. Emellett néhány potenciális nyersanyaglelőhelyről gyűjtött kőzetmintát is vizsgáltunk. Az új mérési eredményekből és a korábbi adatainkból létrehoztunk egy 250 tételből álló PGAA adatbázist, amely tartalmazza a magyarországi csiszolt kőeszközök legfontosabb nyersanyagfajtaípusait, kiegészítve a potenciális nyersanyagterületekről származó geológiai minták összetétel adataival. Eredményeinkről összefoglaló előadást mutattunk be az IMA 2010 nemzetközi konferencián (Budapest), az elkészült publikációt az *European Journal of Mineralogy*-hoz nyújtottuk be, jelenleg bírálat alatt áll.

A Magyar Nemzeti Múzeum Ebenhöch gyűjteménye

A projekt során elvégeztük a *Magyar Nemzeti Múzeum Ebenhöch gyűjteménye* kőanyagának feldolgozását. Közel 650 db kőeszköz makroszkópos leírását végeztük el. Elkészült, és leírásra került a legfontosabb kőzettípusok egy részéből 30 db vékonycsiszolat, de több típus esetében a kőeszközök épsége, vagy a használati nyomok miatt nem kaptunk engedélyt roncsolásos vizsgálatra. Előzetes válogatást követően 2007-2008-ban közel 40 minta (bazalt, zöldpala, szerpentin, metabázis) PGAA mérését végeztük el. A vizsgálatok új adatokat szolgáltatottak az eddig PGAA-val részletesen feldolgozott metabázis (zöldpala-kontakt metabázis-amfibolit) valamint bazalt anyagú kőeszköz típusairól. Ezen eredményeket a korábbi adatbázisba illesztve, és a terepi minták összetétel adataival kiegészítve a felsőcsatári eredetű zöldpalák elkülöníthetőek voltak a cseh-masszívumbeli zöldpaláktól. A bazalt eszközök feltételezhető eredete a Balatonfelvidéki-Kisalföldi vulkáni terület. Az egyéb nyersanyagú eszközök PGAA mérései új alapadatokat szolgáltatottak a magyarországi csiszolt kőeszközök típusainak adatbázisához. A PGAA vizsgálatok számos esetben segítettek abban, hogy a makroszkópos kőzetleírást követő bizonytalan kőzettípus besorolás egyértelművé vált (pld. mészkő-szilikát szaruszirt, kvarcit, nagynyomású metamorfitek, metagabbro, egyes ultrabázisok).

Ezek az eredmények különösen a nagyon finomszemcsés ép kőeszközöknél fontosak, amelyek makroszkóposan nagy bizonytalansággal sorolhatók be a megfelelő kőzettípusba, és amelyeket régészeti megfontolásból csak roncsolásmentes módszerekkel vizsgálhattunk.

A fenti vizsgálatokból Friedel Orsolya geológus hallgató diplomamunkát készített az ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszékén, Szakmány György és T. Biró Katalin témavezetésével. A munka előzetes eredményeit a 37. Nemzetközi Archeometriai Szimpóziumon (ISA 2008, Siena, Olaszország) mutattuk be, az eredmények a konferencia proceeding kötetében jelentek meg.

A gorzsai késő neolit lelőhely csiszolt kőeszközei

2007-ben megkezdtuk a Tisza-kultúrába tartozó késő neolit tell településről, *Gorzsai lelőhelyről* származó csiszolt kőeszközök és szerszámkövek vizsgálatát. Elkészült mintegy 1000 kőeszköz makroszkópos leírása, és az ebből kiválasztott 154 reprezentatív vékonycsiszolat rövid áttekintő leírása. 2008-2010-ben 70 csiszolt kőeszköz PGAA mérését végeztük el, ezek elsősorban bazalt, hornfels (mész-szilikát szaruszirt), zöldpala-kontakt metabázis anyagúak voltak. Emellett néhány, a Kárpát-medence más neolit leletgyűjtéséből származó mész-szilikát szaruszirt anyagú kőeszköz mérésére is sor került. A kémiai elemzéseket szintén teljesen roncsolásmentes mágneses szuszceptibilitás mérések adataival egészítettük ki.

PGAA-val sikerült elkülöníteni a makroszkóposan nagyon hasonló bazalt-dolerit-alkáli dolerit nyersanyagú kőeszközöket, sőt a dolerit-metadolerit csoporton belül kétféle összetételt (és így várhatóan kétféle nyersanyaglelőhelyet) tudtunk azonosítani. A dolerit-metadolerit kőeszközök potenciális nyersanyaglelőhelyei közül reprezentatív mintákat vizsgáltunk Szarvaskőről és a Maros völgyéből. Eredményeink azt mutatják, hogy a kőeszközök kémiai összetétele a szarvaskői mintákéhoz hasonló, ami összhangban áll a petrográfiai vizsgálatok eredményeivel.

Méréseink alapján a mész-szilikát szaruszirt anyagú minták a teljes kárpát-medencei leletanyagban belül egységes kémiai összetételűek, és jól elkülöníthetőek a makroszkóposan hasonló megjelenésű kőeszközöktől. Gorzsai leletanyagában viszonylag jelentős részben találunk fehér színű (ún. „fehér kő”) csiszolt kőeszközöket. Ezek nagy Mg-tartalma az összehasonlító irodalmi adatok alapján magnezites összetételt valószínűsít, amely nagy gyakoriságban fordul elő a Vinča kultúrában. A PGAA mérések – akárcsak az Ebenhöch gyűjtemény esetében – több teljesen ép gorzsai balta a nyersanyagának pontosabb meghatározásában segítettek, illetve a bazalt és az alkáli dolerit balták esetében megerősítették a petrográfiai elemzések alapján tett felvetést a kőzetek mecseki eredetéről.

A gorzsai leletanyag néhány zöldpala kőeszközét – más gyűjtemények (elsősorban a *Mihályi-gyűjtemény*) kőeszközeivel, valamint Felsőcsatár és a Cseh-masszívum északi és déli területeinek potenciális nyersanyaglelőhelyeiről származó zöldpala-kontakt metabázis terepi mintákkal együtt – kiválasztottuk kiegészítő elektron-mikroszkóp vizsgálatokra. Az MTA Geokémiai Kutatóintézet elemzési eredményei azt mutatják, hogy a Mihályi-gyűjteményből származó kőeszközök összetétele jó egyezést mutat az egyes feltételezett nyersanyaglelőhelyekről származó minták összetételével, továbbá a gorzsai lelőhely egyes zöldpala-kontakt metabázis kőeszközei is hasonló összetételűek. Mindemellett Gorzsán más, a fentiektől eltérő összetételű zöldpala kőeszközök is előfordulnak. Ezek nyersanyag-lelőhelyeinek meghatározása más területekről történő további mintagyűjtést és újabb elemzéseket igényel.

A gorzsai lelőhely kőeszközeiről több hazai és nemzetközi konferencián is beszámoltunk, az eredményeket részben publikáltuk.

Szerszámkövek

2006-ban megkezdtek a *Balatonőszöd Temetői Dűlő lelőhely*, majd 2007-ben az *M0-Üllő 5. lelőhely* kőanyagának petrográfiai vizsgálatát. Kezdetben 487 lelet, összességében mintegy 2000 lelet makroszkópos leírását és csoportosítását végeztük el. Közel 50 vékonycsiszolat elkészítése és leírása történt meg. Mintegy 15 kiválasztott minta (bazalt, szerpentin, nefrit, andezit) roncsolásmentes PGAA mérését végeztük el, melyek közül 9 darabot (bazalt-, metamorfit-, andezit anyagú kőbalták, őrlőkövek, kőbalta-alapanyagok, marokkövek) ICP-MS (Kanada) és elektron-mikroszkopos (MTA Geokémiai Kutatóintézet) vizsgálatoknak is alávetettünk. Az összehasonlító mérések eredménye jó egyezést mutatott a mindkét módszerrel kimutatható elemeknél. Az elektron-mikroszkopos ásványkémiai vizsgálatok elsődleges célja volt a domináns elegyrészek, pld. a plagioklász, piroxén, olivin és amfibol összetételének meghatározása, és ezek összevetése a hasonló kőzettípusok adataival. 2007-ben további 5 db, a Cserhát-hegységhez közeli lelőhelyekről (Acsa, Bér, Galgagyörk, Jobbágyi) származó andezit kőeszköz- és összehasonlító geológiai minta elektron-mikroszkopos vizsgálata készült el.

A bazaltokról teljes körű, az irodalomban fellelhető kőzetkémiai és ásványkémiai adatgyűjtést végeztünk, amely alapján a Balatonőszödről vizsgált bazalt kőbalták nyersanyagának lehetséges származási helyét leszűkítettük. A nyersanyag legnagyobb valószínűséggel Hegyestűről, illetve a Halápról vagy Uzsárról származik. Az eredmények további rendszerezése és publikálása folyamatban van.

KERÁMIÁK

A pályázat keretében – egy MÖB-DAAD együttműködéshez kapcsolódóan – észak-magyarországi neolitik és rézkori települések (Tiszalúc, Aggtelek, Borsod-Derekegyháza, Kup, Tihanyapáti, Felsővadász) kerámia leleteinek nyersanyag eredetét vizsgáltuk. A petrográfiai vizsgálatok mellett PGAA-t, valamint párhuzamosan XRF (Tübingeni Egyetem) és NAA (Budapesti Műszaki Egyetem) módszereket is alkalmaztunk a kerámia és nyersanyagaik összetételének meghatározására. Munkánk módszertani alap kutatásnak tekinthető, amely elsősorban arra irányult, hogy mennyire használhatóak a roncsolásmentes PGAA elemzések eredményei a kerámia archeometriai kutatásában.

A tiszalúci PGAA és XRF, illetve NAA mérési eredmények összevetése azt mutatja, hogy a főelemek esetében a PGAA és az XRF eredmények jó egyezést mutatnak, az eltérés nem haladta meg egyik főelem esetében sem a néhány %-ot. Ez összhangban van, vulkanitok korábbi összehasonlító elemzéseinek eredményeivel. Feldolgoztuk és összefoglaltuk a kerámia, ill. az üledékes kőzetek börtartalmára vonatkozó nemzetközi irodalmat (Gherdán Katalin). A rendelkezésünkre álló irodalmi adatok szerint a bórkoncentráció adatokat eddig nem használták kerámia eredetmeghatározására. A módszer alkalmazhatósága a bór mobilis geokémiai viselkedése miatt kérdéses, de a bór PGAA-val történő jó kimutathatósága, valamint az agyagásványokhoz való szoros kapcsolódása miatt a kerámia készítő technológia kutatásában perspektivikus lehet.

A Bükk kultúrából származó kerámia töredékek vizsgálatának eredményeként geokémiai (XRF és PGAA) adatokkal támasztottuk alá, hogy a kultúrára jellemző finomkerámia típus elsősorban nem a felhasznált nyersanyag kémiai-ásványos összetétele, hanem fizikai-technológiai tulajdonságai miatt jellegetes.

A más kerámia típusoktól való, anyagvizsgálatokon alapuló elkülönítést 2011-ben a díszítések vizsgálatával folytattuk (mikro-XRF, mikro-PIXE, IR-spektroszkópia). Ezen roncsolásmentes vizsgálatok során a PGA analízis elsősorban háttér méréseket szolgáltatott a

díszítőanyagok és a kerámiatest kémiai összetételbeli különbségeinek megállapításához. Megmutattuk, hogy a Bükk kultúra fazekasai kaolinit tartalmú fehér agyagot használtak az inkrusztációk kitöltő anyagaként. Eddig elért, illetve jövőbeli eredményeinket az EMAC 2011-en mutatjuk be.

Létrehoztunk egy Kerámia Archeometriai Adatbázist, a „CERAMIS”-t, amelyben rendszerezni kívánjuk a magyarországi régészeti kerámiák petrográfiai, röntgen diffrakciós és kémiai elemzéssel kapott adatait. Megkezdjük az adatbázis feltöltését és tesztelését.

A PGAA, mint teljességgel roncsolásmentes módszer lehetőséget nyújt egy értékes, különleges leletgyűttes vizsgálatára. Egy nagytétényi sírban épségben megtalált 3, különböző korú kerámia edény kémiai összetételéből következtethetünk a leletek eredetére. A 2011 februárjában végzett mérések kiértékelése folyamatban van, eredményeinket szintén az EMAC 2011-en mutatjuk be.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a pályázatban kitűzött kutatási célokat lényeges pontokon vittük előre. Az eredmények összegzése és az átfogó értékelés publikálása további munkát igényel, mindemellett számos olyan új megoldásra váró feladat merült fel, amelyet új pályázatok keretében kívánunk a jövőben megoldani.

Budapest, 2011. március 30.

Dr. Kasztovszky Zsolt
vezető kutató